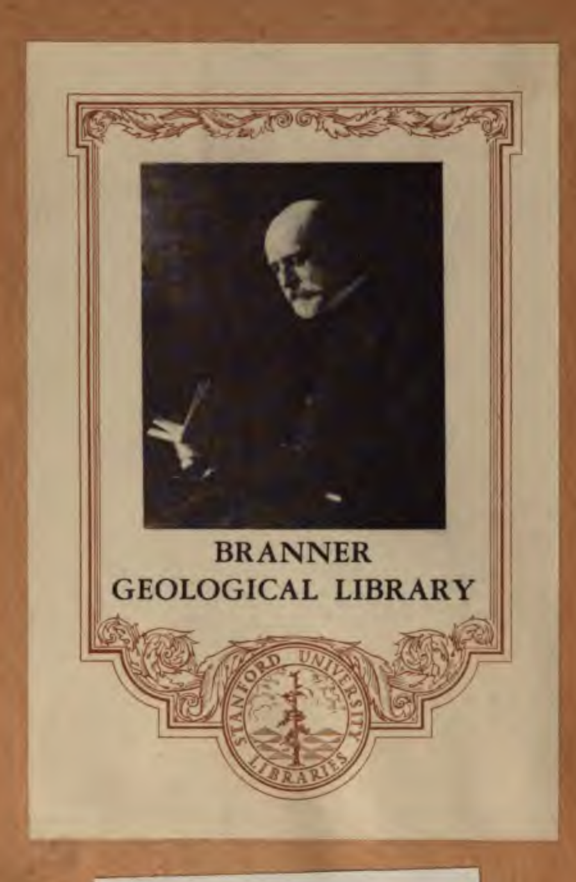
Sapper, C.

Über die geologischen Verhältnisse des Juifen und seiner Umgebung.mit besonderer Berücksichtigung der Liasablagerungen.


BRANNER
GEOLOGICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
LIBRARIES



Über die geologischen Verhältnisse des Juifen und seiner Umgebung mit besonderer Berücksichtigung der Liasablagerungen.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Philosophischen Fakultät, II. Sektion,
der
K. Ludwigs-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Carl Sapper
aus Heidenheim a./Br.

Stuttgart 1888.
Druck von A. Bonz' Erben.

Über die geologischen Verhältnisse des Juifen und seiner Umgebung mit besonderer Berücksichtigung der Liasablagerungen.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Philosophischen Fakultät, II. Sektion,
der
K. Ludwigs-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Carl Sapper
aus Heidenheim a./Br.

Stuttgart 1888.
Druck von A. Bonz' Erben.

Einleitung.

Nordwestlich vom Achensee, zwischen diesem und dem Dürrachtale, ziehen sich langgestreckte Erhebungen in nordsüdlicher Richtung mit fast horizontalen Kämmen hin, welchen sich im Norden eine kleine Gruppe von Bergen vorlagert, die sich gegen Süden ziemlich sanft abdachen, während ihre Nordseite steile Abstürze darbietet. Die beiden Kulminationspunkte der letzteren Gebirgsgruppe, welche an landschaftlicher Schönheit die erstere bedeutend übertrifft, sind der Juifen 1985 m im Osten und die Gruftspitze 1906 m im Westen. Diese zwei Haupterhebungen sind jedoch nur in morphologischer Hinsicht ebenbürtig, in genetischer Beziehung gebührt dem Juifen allein der erste Rang, während der Demeljochzug mit der Gruftspitze als die Fortsetzung jener Gebirgsstaffel zu betrachten ist, welche im Norden des Juifen in Schulterberg 1665 m und Pitzkopf 1668 m kultiminiert. Und wie hier die genetisch gleichwertigen Erhebungen gegen Westen hin grössere Höhen einnehmen, so wiederholt sich diese Erscheinung auch bei der nächstniedrigen Gebirgsstaffel: die Schmiedlehn nördlich vom Schulterberg zeigt etwa 1000 m mittlerer Höhe, der Brettersberg, nördlich vom Pitzkopf über 1300 m, der Schürpfeneckzug nördlich vom Demeljoch ungefähr 1400 m.

Alle orographischen Eigentümlichkeiten der Gegend erklären sich aus ihrem geognostischen Bau: die wichtigste Rolle spielt dabei das südöstliche Einfallen der Schichten, welches im grossen Ganzen überall beobachtet werden kann bis an die Einsenkung zwischen Juifen und Marchbichler Spitze. Hier zeigen die Schichten plötzlich einen nahezu horizontalen Verlauf und erzeugen so die langgezogenen, wagrechten Kämme, welche der südlich vom Juifen gelegenen Gebirgskette ihr charakteristisches Gepräge verleihen.

Von der genannten Einsenkung zieht sich gegen Westen hin der tiefe Riss des Leckbachs, während sich in östlicher Richtung eine Depression bis in den Talkessel der Grosszemmalpe erstreckt. Von hier ab bildet der nordwärts fliessende Dollmannsbach die natürliche Begrenzung unserer Berggruppe, indess im Norden die Walchen, im Westen und Südwesten der Dürrachbach das Gebiet abschliessen. Die drei Terrassen der Schmiedlehn, des Brettersbergs und Schürpfeneckzugs sind durch zwei Bachthäler von einander geschieden: das des Brettersbachs (auch Graben- oder Gröberbach genannt) und des Hühnerbachs. Alle diese Bäche haben sich vielfach durch enge, klammartige Schluchten ihren Weg nach der Tiefe bahnen müssen.

Vom Walchental an bis zu den Gipfeln des Schulterbergs und Pitzkopfs findet man schöne Bestände hochstämmigen Waldes, welcher hier seine obere Grenze erreicht, während Latschen am Juifen und in grösserer Ausdehnung am Demeljoch sich bis zur höchsten Erhebung hinanziehen. In der Depression zwischen Juifen und dem Schulterberg-Pitzkopf-Demeljoch einerseits und dem Rethenjoch andererseits finden sich ausgezeichnete Almen und am Juifen selbst ziehen sich die Weidegründe bis zum Gipfel hinan, so dass also die östliche Hälfte der Gebirgsgruppe die westliche an wirtschaftlicher Bedeutung überragt.

So viel über die allgemeinen topographischen Verhältnisse des Juifengebiets. —

Der erste, welcher sich eingehend mit den geologischen Verhältnissen dieser Gegend beschäftigte, war C. W. GÜMBEL, welcher in seinem grossen Werke („Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges 1861“) mehrfach und ausführlich des Juifen gedenkt. Auch Professor A. PICHLER giebt einige hierher gehörige Notizen in seiner Schrift: „Beiträge zur Paläontologie Tirols,“ Leonhard und Geinitz' Jahrbuch 1871.

Eine monographische Bearbeitung des zwischen Walchen-, Dürrach- und Gerntal liegenden Gebiets gab W. B. CLARK in seiner Inauguraldissertation („Über die geologischen Verhältnisse der Gegend nordwestlich vom Achensee 1887“), welcher ich viele wertvolle Angaben entnehmen konnte.

Ausser den genaanten Werken schöpfte ich Belehrung und Rat für meine Arbeit aus folgenden Schriften:

BORNEMANN, J. G., Beiträge zur Kenntnis des Muschelkalks. Jahrbuch der königlich preussischen geologischen Landesanstalt 1885.

SÜSS und v. MOJSISOVICS, Studien über die Gliederung der Trias. Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt 1868.

F. NIES, Beiträge zur Kenntniss des Keupers im Steigerwald 1868.

WINKLER, Versteinerungen aus dem bayerischen Alpengebiet 1868.

d'ORBIGNY, Paléontologie française 1842.

SENDTNER, Vegetationsverhältnisse Südbayerns 1854.

HEIM, Gletscherkunde 1886.

v. RICHTHOFEN, Führer für Forschungsreisende 1886.

GEORG GEYER, Ueber die Lagerungsverhältnisse der Hierlatz-Schichten. Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt 1886.

Dr. CARL DIENER, Über den Lias der Rofangruppe. Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt 1885.

Dr. FR. WÄHNER, Zur heteropischen Differenzierung des alpinen Lias. Verh. der k. k. geologischen Reichsanstalt 1886.

TH. FUCHS, Welche Ablagerungen haben wir als Tiefseebildungen zu betrachten? Neues Jahrbuch II. Beil.-Bd.

LEIPOLDT-PESCHEL, physische Erdkunde 1880.

K. ZOEPPRITZ, Hydrodynamische Probleme in Beziehung zur Theorie der Meeresströmungen. Wiedemanns Annalen. Neue Folge III. Bd. (1878).

Handbuch der Oceanographie. Wien 1883.

Die nördlichen Teile des Juifen-Gebietes aufzunehmen und die Entwicklung des Lias am Juifen eingehend zu studieren, wurde mir zur Aufgabe von meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. von ZITTEL gestellt, welchem ich für sein mir entgegengebrachtes, warmes Interesse und für seine freundlichst gewährte Unterstützung meinen innigsten Dank ausspreche.

Ebenso sage ich den Herren Dr. ROTHPLETZ, Dr. NAUMANN, Dr. DINGLER, Dr. SCHWAGER, Dr. FRAAS und WULZ für ihre vielfache Hilfe und Unterstützung den herzlichsten Dank.

Auch die Anwohner des Juifen brachten meinen Bestrebungen reges Interesse entgegen und ich schulde den gleichzeitig mit mir während des Monats Juni in jener Gegend arbeitenden Ausmessern der k. k. Forstdirektion Innsbruck, insbesondere Herrn Ingenieur SCHÖNAUER, warmen Dank für die Bereitwilligkeit, mit welcher sie mich mit Rat und That unterstützten.

Über die allgemeinen geologischen Verhältnisse des Juifengebietes.[1]

An dem Aufbau des Juifengebietes beteiligen sich folgende Formationen, welche nach ihren charakteristischen Eigentümlichkeiten im Nachstehenden eine eingehendere Besprechung finden mögen:

1. Hauptdolomit,
2. Plattenkalk,
3. Kössener Schichten,
4. Lias,
5. Oberer Jura,
6. Neocom und
7. Quartaer.

1. Der Hauptdolomit.

Die am tiefsten liegenden Schichten, welche im Juifengebiete zu Tage treten und das Fundament für das ganze Gebäude dieser kleinen Gebirgsgruppe abgeben, gehören ihrem Alter nach zur mittleren Stufe des Keuper und führen den Namen Hauptdolomit.

Das Gestein ist fast allenthalben echt dolomitisch und gewöhnlich in wohlgeschichtete Bänke gesondert. Es zeigt an der Oberfläche zumeist sehr helle, graulichweise Farbentöne, während es auf frischer Bruchfläche die mannigfachsten Übergänge ins Gelbliche und Schwarzgraue, zuweilen auch ins Rötliche aufweist. Es erklärt sich diese Erscheinung daraus, dass dem Gesteine ein oft nicht unbedeutender Gehalt an Bitumen beigemengt zu sein pflegt, welches an den oberflächlich gelegenen Teilen sich allmählich verflüchtigt, in Folge einer Art von Destillationsprozess. Von minderer Bedeutung als färbendes

[1] Vergl. die vom Deutschen und Österreichischen Alpenverein herausgegebene geologische Karte des Karwendelgebirges.

Mittel ist das Eisen, welches in geringer Menge dem Dolomit beigemengt zu sein pflegt.

Seiner feineren Struktur nach zeigt der Dolomit fast stets das für dieses Gestein so charakteristische zuckerkörnige Gefüge auf frischer Bruchfläche, seiner gröberen Struktur nach ist es für gewöhnlich nicht dicht, sondern von zahlreichen Rissen und Spalten durchzogen, welche nachträglich wieder durch kohlensauren Kalk ausgefüllt wurden und oft eine echte Breccie erzeugten. Da nun der kohlensaure Kalk sich (sowohl in reinem, als) in kohlensäurehaltigem Wasser leichter löst, als der Dolomit, so ist von vornherein zu erwarten, dass das durchs Gestein durchsickernde Wasser den die Spalten ausfüllenden Kalkspath in stärkerem Masse angreife, als die Dolomitstücke; daher ist es nicht zu verwundern, dass das Gestein durch einen Hammerschlag leicht in jene dolomitischen Teilstücke zerfällt oder aber unter der fortgesetzten chemischen und mechanischen Einwirkung des Wassers von selbst zerbröckelt.[1] Wirklich ist auch das massenhafte Vorkommen scharfkantiger, loser, polyedrischer Gesteinsstückchen charakteristisch für die Gebiete des Hauptdolomits und ein hervorragendes Erkennungsmittel desselben; die zuckerkörnige Struktur und das dadurch bedingte sandigrauhe Aussehen der oberflächlichen Teile, der Bitumengeruch beim Anschlagen mit dem Hammer und die verhältnissmässig grosse Resistenz gegen chemische Reagentien, z. B. verdünnte Salzsäure, werden alsbald volle Sicherheit über das Auftreten dieser Gesteinsart schaffen.

Es finden sich jedoch, hauptsächlich in der Nähe der oberen Grenze des unter „Hauptdolomit“ verstandenen Schichtenkomplexes, auch Bänke, welche bereits ziemlich arm an kohlensaurer Magensia sind und daher mit Salzsäure ein wenig brausen; andere stellen sogar fast reines Calciumcarbonat dar und verhalten sich daher gegen Säuren ebenso, wie die darüber liegenden Plattenkalke. Vorsicht ist umsomehr am Platz, als jene Kalkbänke aus dem leicht zerfallenden Dolomit stark hervortreten und sehr in die Augen fallen (z. B. kurz nach der Kapelle am Wege von der Kohlstatt nach Leiten, mehrmals an dem Steige vom Hagen-Wirtshaus nach der Pitzalpe und sonst).

Es könnte auffallen, dass dieser Kalkstein, welcher doch vermöge seiner chemischen Beschaffenheit einer grösseren Löslichkeit unterliegt als der Dolomit, jenen an Resistenz übertrifft;

[1] Interessant ist es zu beobachten, wie die Ameisen sich diese Eigentümlichkeit des Gesteins zu Nutze machen, indem sie kleine polyedrische Stückchen von 3—4 mm Kantenlänge sammeln und zu ihren Bauten verwenden.

es erklärt sich diese Erscheinung jedoch leicht in der Weise, dass die Kalkbänke bei ihrer sehr kompakten Ausbildung dem Wasser weniger günstige Angriffsbedingungen bieten, als die schmalen Plättchen kohlensauren Kalkes, welche den Hauptdolomit durchsetzen, abgesehen von der grösseren Widerstandsfähigkeit gegen Zersprengung durch eindringende Pflanzenwurzeln oder durch in den Ritzen gefrierendes Wasser. Frägt man sich aber, warum denn jene Kalkbänke nicht in gleicher Weise durch den Gebirgsdruck in kleine Fragmente zerstückelt worden seien, wie der Dolomit im Liegenden und Hangenden derselben, so hat man die Antwort hauptsächlich in der verschiedenartigen Textur beider Gesteine zu suchen; die morphologisch minder entwickelten, in einander verschränkten Kristallindividuen des Kalksteins verleihen demselben eine grössere Zähigkeit, als dem Dolomit vermöge seiner besser entwickelten, loser verbundenen Kristallindividuen zukommt. Die geringe Festigkeit des Dolomits ist auch der Grund dafür, dass man hier häufiger, als bei den anderen gleichzeitig gestörten Schichten, Rutsch- und Quetscherscheinungen begegnet.

Faltenbildungen sind eine sehr häufig vorkommende Erscheinung im Hauptdolomit und zwar sowohl solche, welche sich über grössere Strecken hin ausdehnen, als auch namentlich lokale; übrigens lässt sich das Einfallen des Gesteins für das ganze Gebiet als ein im allgemeinen südsüdöstliches angeben. Eine bedeutende Störung in den Lagerungsverhältnissen konnte ich am Schulterberg und in schwächerem Grade am Pitzkopf nachweisen, wo Hauptdolomit sich zwischen den Plattenkalk einschiebt, welcher auf dem Gipfel und am Nordhange ansteht.

Geht man von der Brettersberg-Hochalpe (welche auf der österreichischen Generalstabskarte fälschlich als Mittelalpe angegeben ist) nach der Pitzalpe, so beobachtet man kurz nach der Vereinigung des Steigs mit einem von Norden herkommenden Pfade Hauptdolomit mit Str. = N 85 W und F = 60 N, später stehen die Dolomitschichten bei Str. = N 75 W auf dem Kopf und weiter südlich beobachtet man wieder ein Str. = N 40 W und F. = 55 SW. Steht man auf dem vom Dürrenberg aus nordwärts ziehenden Grate, so sieht man deutlich, wie das im Osten des Demeljochzugs südsüdöstliche Einfallen sich allmählich gegen den Standpunkt des Beobachters hin in ein westliches verwandelt (am Nordhang des Dürrenbergs wurde sogar Str. = N 25 O bei F = 30 N beobachtet), während bei der Kirmer Hochalpe das Einfallen wieder ein nahezu südliches ist. Etliche kleine Störungen in den stratigraphischen Beziehungen lassen sich gleichfalls sehr hübsch von diesem

Standpunkte aus beobachten, doch sind sie von so lokaler Ausdehnung, dass sie hier nicht näher erörtert zu werden verdienen. Tiefgreifende Störungen lassen sich sehr schön beobachten in der Nähe der merkwürdigen, in die Tiefe gesunkenen Scholle von Kössener Schichten, Lias und Aptychenkalk bei der Kohlstatt.

Der Hauptdolomit zeigt im westlichen Teile des Gebietes seine Hauptverbreitung und Hauptmächtigkeit, da der ganze Stock des Demeljochzugs aus Hauptdolomit besteht und nur am östlichen Abfall einen schmalen Streifen von Plattenkalk aufweist. Über die Mächtigkeit des Schichtenkomplexes lässt sich übrigens nach dem, was sich in unserem Gebiet der Beobachtung darbietet, keine Angabe machen, um so weniger, als ein sehr wohl geschichteter Kalk, welcher einen ganz eigentümlichen petrographischen Charakter trägt und einen bestimmten Horizont einzunehmen scheint, auf der Gruftspitze sowohl, als am Nordhang des Dürrenbergs beobachtet wird und sich also annehmen lässt, dass Faltenbildungen die riesigen Dimensionen der scheinbaren Mächtigkeit bedingen.

Für den Paläontologen ist der Hauptdolomit ein sehr unerfreuliches Gebiet und wenngleich der Bitumengehalt der Schichten für ein reiches organisches Leben während der Bildung der Ablagerung spricht, so sucht man doch vergebens nach wirklichen Überresten einstiger Lebewesen.

Am nahen Achensee wurde früher auch eine Schicht technisch verwertet, in welcher sich das Bitumen des Gesteins zu einer Asphaltlage konzentriert findet.

Der Boden, welcher aus dem Hauptdolomit durch Verwitterung entstehen würde, verspricht wenig Gutes für die Kultur; denn während der Dolomit im Allgemeinen (nach GÜMBEL) 3,8 % kieselsaure Thonerde und Eisenoxydul enthält, scheint er in unserem Gebiete ärmer an diesen wichtigen Bestandteilen zu sein: eine chemische Untersuchung des Dolomits vom Achental, welche Herr stud. chem. P. WULZ auf meine Bitte vornahm, ergab ausser Spuren von Eisen

Calciumoxyd	32,59 %
Magnesiumoxyd	20,22 %
Kohlensäure	47,55 %
Gangart	0,01 %
Summe:	100,37 %

Die qualitative Analyse anderer Gesteinsproben bewies allerdings das Vorhandensein kieselsauren Aluminiums, doch lässt der stellenweise ziemlich tiefgründige Lehmboden, welcher sich namentlich in den tieferen Lagen vorfindet und hier schöne Wälder (von Fichten mit eingemischten Buchen, *Sorbus*-Arten,

Ahorn und — bei der Rackstuben-Alpe — *Taxus*), sowie einige Almen trägt, sich nicht auf eine Konzentration des im Gestein selbst enthaltenen Thons zurückführen. Allerdings muss ja der Thon zurückbleiben, wenn das durchsickernde Wasser den Kalk und Dolomit auflöst und fortführt; sobald aber das Gestein in jene polyedrischen Stückchen zerfallen ist, entzieht es sich fast völlig der weiteren chemischen Einwirkung, da nunmehr die Wasser allzurasch daran vorbeieilen. Man muss also annehmen, dass dieser Teil des Gebiets mit fremdem Kapital arbeite und zwar lässt sich als Hauptfaktor — unbeschadet der Möglichkeit, dass die einst über dem Hauptdolomit lagernden Schichten bei der Erosion einen Teil ihres Thongehalts zurückgelassen hätten — die Eiszeit nachweisen, wie später eingehender auseinandergesetzt werden soll.

2. Der Plattenkalk.

Über dem Hauptdolomit lagert allenthalben in unserem Gebiete der sogenannte Plattenkalk, ein Komplex von Schichten, die ihrer chemischen Beschaffenheit nach hauptsächlich aus Calciumcarbonat bestehen, aber nach einer qualitativen Untersuchung meines Freundes WULZ ausser Spuren von Eisen auch etwas kohlensaure Magnesia und kieselsaure Thonerde enthalten.

Er ist überall deutlich geschichtet, ist häufig von Kalkspatadern durchzogen und zeigt dichte bis erdige Struktur. Selten tritt er schiefrig auf (Pitzkopf) und scheint dann besonders thonreich zu sein. Die Farbe ist auf frischer Bruchfläche hell- bis dunkelgrau, auf der Oberfläche heller, oft weisslich.

Da der kohlensaure Kalk den Hauptbestandteil des Gesteins ausmacht, so erfolgt bei Befeuchtung mit Salzsäure heftiges Aufbrausen, was das wichtigste Erkennungsmittel für den Plattenkalk abgiebt. Weil aber, wie oben gezeigt wurde, bereits in den oberen Lagen des Hauptdolomit nahezu reine Kalkbänke auftreten, so ist Plattenkalk erst dann sichergestellt, wenn man mächtige Kalkablagerungen ohne zwischenlagernden Dolomit beobachtet hat. In allen Fällen ist Plattenkalk festgestellt, wenn es gelingt darin Versteinerungen nachzuweisen, was in unserm Gebiet meist nicht schwer fällt, da Gastropoden und Lamellibranchiaten (unter andern auch Megalodonten) in erstaunlicher Menge, leider aber nur in unbestimmbaren Durchschnitten vorkommen.

Für den Plattenkalk gelten bezüglich seines Verhaltens gegen die Erosionsthätigkeit des Wassers dieselben Gesetze,

wie sie oben für die Kalkbänke des Hauptdolomit entwickelt worden sind. Es ist daher leicht zu verstehen, dass der Plattenkalk im Norden unseres Gebietes öfters die Gipfel krönt (Pitzkopf, Schulterberg, Brettersberg, Punkt 1034), indem er den Hauptdolomit, welchem er gleich einer Kappe aufgelagert ist, als das minder resistente Gestein vor den weitern Einwirkungen der Atmosphärilien schützt. Weil nun der Plattenkalk im grossen Ganzen ein südsüdöstliches Einfallen besitzt, so beobachtet man an genannten Bergen meist gegen Süden hin eine verhältnismässig schwach geneigte Böschung, während sie nach Norden steil abstürzen (wobei allerdings die rauhen Nordstürme mit in Rechnung gezogen werden können).

Wo der Plattenkalk an einem Steilhange heraustritt, wie dies an Pitzkopf, Schmiedlehn und Lindstein sehr deutlich der Fall ist, kündet er sich schon aus der Ferne durch seine weissliche Farbe und den gleichförmigen senkrechten Abfall seiner Felsbänke an.

In stratigraphischer Hinsicht schmiegt er sich im allgemeinen seiner Unterlage an und stellt ein Band zwischen den kössener Schichten und dem Hauptdolomit dar; dasselbe erhält an Schulterberg und Pitzkopf eine Verbreiterung, welche in den topographischen Verhältnissen ihre Erklärung findet. Nördlich vom Juifen baucht er sich ein wenig auf, wie die folgenden Beobachtungen des Streichens und Fallens zeigen: Schulterberg Gipfel Str = N 60 O, F = 30 S, Brettersbach Str = N 80 O, F = 50 S, Pitzkopf Gipfel Str = N 60 W, F = 35 S. Vor den beiden genannten Bergen findet man in der Tiefe, an der Schmiedlehn und auf dem Brettersberge, wieder den Plattenkalk anstehend, welcher durch zahlreiche Versteinerungsdurchschnitte als solcher sichergestellt ist. Während an ersterer Stelle eine üppige Vegetation vielfach dem eingehendern Studium hinderlich im Weg steht, ist letztere Lokalität durch einen Kahlschlag der Beobachtung leicht zugänglich und charakterisiert sich durch eine Anzahl paralleler Kämme, welche in ostwestlicher Richtung über ein schwach nach Süden geneigtes Plateau hinziehen entsprechend dem südlichen Einfallen der Schichten. Zwischen diesen parallelen Zügen findet man auch an einer Stelle die Schichten in nahezu horizontaler Lagerung.

Südlich von der Brettersberg-Alpe am Hang des Pitzkopfs wurde an mehreren Punkten der Plattenkalk mit nördlichem Einfallen und nahezu westlichem Streichen, dessen Winkel zwischen 40 und 90° schwankt, beobachtet. Darnach folgt ein schmaler Streifen Hauptdolomit, dessen obere Grenze bei 1567 m

zu suchen ist, während bei 1517 m bereits wieder Plattenkalk nachgewiesen ist. Über dem Hauptdolomit folgt dann bis zum Gipfel wieder Plattenkalk mit Str = N 55 W und F = 45 S (an der Ostkante beobachtet). Die ganze Störung ist als eine Falte aufzufassen, welches sich von Osten gegen Westen hin verflacht. —

Die Mächtigkeit des Plattenkalks beträgt etwa 50 m (nach einer barometrischen Höhenmessung am Brettersbach wurden 46,7 m berechnet).

Die Vegetation, welche auf dem Plattenkalke zu finden ist, unterscheidet sich nicht merklich von der des Hauptdolomit und besteht durchwegs aus kalkliebenden Pflanzen. Die tiefer gelegenen Gebiete des Plattenkalks participieren noch an den Vorteilen, welche die Gletscher der Eiszeit für unser Gebiet errungen haben, und in den höheren Teilen, welche diesen Einflüssen entzogen sind, findet sich eine zwar schwache, aber wohlbewurzelte Grasnarbe, da das Gestein für Erzeugung eines guten Bodens günstigere Bedingungen darbietet, als der Hauptdolomit.

3. Die Kössener Schichten.

Als das oberste Glied der Trias bieten sich in unserm Gebiete die sogen. „Kössener Schichten" dar, ein Komplex mergeliger und kalkiger, mit einander wechselnder Schichten, welche sich fast überall durch einen bedeutenden Reichtum an Fossilien auszeichnen. Das Gestein verwittert sehr leicht und liefert einen vielfach durch Sümpfe gekennzeichneten gelben oder grauen Lettenboden, welcher zuweilen kleine rundliche (wohl in Folge von Auswaschungen entstandene) Trichter von wenigen Metern Tiefe und Durchmesser aufweist.

Weil das lockere Gestein vom Wasser leicht mechanisch fortgeschwemmt werden kann, so findet man dieses Gebirgsglied in der Depression zwischen Juifen einerseits und Demeljoch, Pitzkopf und Schulterberg andererseits eingelagert. Am Lindstein erkennt man die Stelle, wo die Kössener Schichten vom Dollmannsbach her nach der Schweinau hinüberstreichen, an einer — allerdings geringen — Einsattlung der Kammhöhe.

Bedeutende Störungen haben insbesondere im Süden stattgefunden, welche von Herrn Dr. FRAAS ihrer Natur nach aufgeklärt und in die vom deutschen und österreichischen Alpenverein herausgegebene geologische Karte des Karwendelgebirges aufgenommen worden sind.

Am Rosskopf scheinen die Kössener Schichten unmittelbar an den Hauptdolomit zu stossen, so dass also hier eine

Verwerfung durchzöge. Doch wurde am nahen Westhang des Demeljochs Plattenkalk concordant mit dem Hauptdolomit und steil einfallend beobachtet (Str = N 40 O, F = 55 S). Ich neige mich daher eher der Ansicht zu, dass das durch die Kössener Schichten bedingte und begünstigte Moor dieser Lokalität über den Austrich des wenig mächtigen Plattenkalks hinweggewachsen sei, was bei der starken Neigung des Terrains ganz wohl denkbar ist, und dass also hier nur eine Faltung stattgefunden habe.

Als eine eingestürzte Scholle ist das an der Kohlstatt anstehende, durch Versteinerungen sicher bestimmte Stück Kössener Schichten anzusprechen.

Die Mächtigkeit beträgt an der Pitzalpe (nach einer barometrischen Messung) etwa 150 m (berechnet 165 m).

Gute Fundorte für Fossilien sind bei der Pitz- und Rothwand-Alpe, am Dollmannsbach und an der Kohlstatt. Es wurden in unserm Gebiete folgende Versteinerungen gefunden:

Terebratula gregaria MUE.
Rhynchonella subrimosa SCHAFH.
„ *fissicostata* SÜSS.
Avicula contorta PORTLOCK.
„ *Sinemuriensis* D'ORB.
Spirifer uncinatus SCHAFH.
Gervillia inflata SCHAFH.
Nucula strigillata GOLDF.
Pecten Trigeri OPPEL.
Mehrere unbestimmbare Gastropoden.

Die Kössener Schichten zeigen die fruchtbarsten Alpen des ganzen Gebiets und sind daher von grosser wirtschaftlicher Bedeutung.

Die Flora zeigt vielfach Sumpfpflanzen und zwischen Pitz- und Schulterberg-Alpe findet sich *Alnus viridis*, ein ausgesprochener Feind des Kalks und Bewohner lehmigen Bodens. Auffällig ist es, dass die Vegetation der Kössener Schichten bei der Pitzalpe im Juni weit hinter der der höher gelegenen Liasfelsen zurückstand, wohl darum, weil das viele in jenem Lehmboden stagnierende Wasser durch Verdunstung Kälte erzeugt, während die trocknen Liaskalke der Sonnenwärme mehr Eingang bieten.

4. Der Lias.

Die Lias-Ablagerungen bilden den Hauptgegenstand meiner Untersuchungen und finden daher weiter unten eingehendere Besprechung. Hier nur das Allgemeinste: Sie bezeichnen in

unserem Gebiete den Fuss der eigentlichen Bergpyramide des Juifen und sind fast allenthalben durch steile Gehänge, an welchen häufig der Fels zu Tage tritt, charakterisiert. Im Norden des Gebiets sind die Lagerungsverhältnisse im grossen Ganzen sehr regelmässig. Südlich vom Rotwand-Niederleger, sowie am Raberkopf, sind von Herrn Dr. E. FRAAS mehrfach Verwerfungen konstatiert worden, bezüglich deren ich wieder auf die Publikation des deutschen und österreichischen Alpenvereins verweisen kann. Auch am Rethenjoch beobachtet man mannigfaltige Störungen der Schichten.

Die Gesteinsarten sind bald bituminöse graue, bald filexreiche gelbe, bald eisenschüssige rote Kalksteine, zwischen welche sich Mergel und thonige Schiefer einschalten. Die Mächtigkeit schwankt zwischen 70 und 150 m.

Der Mannigfaltigkeit der Gesteinsarten entspricht auch die der Vegetation; im grossen Ganzen deutet sie auf einen feuchten, minder kalkreichen Boden, wenngleich natürlich auch spezifische Kalkpflanzen, wie *Salix arbuscula*, *Arabis belidifolia*, *Saxifraga aizoon* und *Androsace lactea*, ziemlich häufig vorkommen. Es muss auffallen, dass ungewöhnlich viele Formen der Ebenen-Wiesen bis zu der beträchtlichen Höhe von 1650 m (obere Grenze des Lias am Pitzgrat 1628 m, des Hornsteinkalks 1693 m), emporsteigen, während die Zahl der eigentlichen alpinen Pflanzen eine ziemlich beschränkte bleibt.

Trotz der günstigen Bodenverhältnisse ist die wirtschaftliche Bedeutung der Formation am Juifen eine geringe, da die Gehänge allzu steil sind; wo aber die Böschung eine sanfte ist, wie am Raberskopf, findet man vorzügliche Alpen und am Dollmannsbache stehen auf Liasboden Fichtenbestände, welche nach dem Urteile von Fachmännern zu den schönsten des ganzen Landes zählen.

5. Der obere Jura.

Der obere Jura, dem Lias konkordant auflagernd, baut die eigentliche Pyramide des Juifen auf und zeigt auf dem Gipfel ein Str. = N 70 O und ein Fallen = 45 S. Im Süden wird er vom Neocom konkordant überlagert; eine Verwerfung schneidet ihn an der Marchbichler Spitze ab und er setzt nun in veränderter Höhenlage fast horizontal fort, den langgestreckten Kamm des Rethenjochs bildend.

Gegen Osten hin zieht er sich vom Juifen aus als breiter Zug über den Lindstein hin und bildet im Süden desselben eine Falte, in welche sich Neocom eingeklemmt findet; am

Jochberg und Plickenkopf dagegen treibt sich ein Keil von Hauptdolomit in den obern Jura ein.

Er gliedert sich in unserm Gebiet in drei sehr scharf geschiedene Unterabteilungen und zwar

a) Hornsteinkalk und graue Hornsteine,
b) Rote Hornsteine und roter Aptychenkalk,
c) Grauer Aptychenkalk.

a) Der Hornsteinkalk.

Über den obern roten Liaskalken bauen sich wohlgeschichtete Kalkbänke in beträchtlicher Mächtigkeit auf, welche sich schon von weitem als mächtige, am Berg sich hinziehende Wände kenntlich machen. Es erklärt sich dies aus der Eigentümlichkeit des Gesteins, sich in rektanguläre Blöcke abzusondern, die dann beim geringsten Anlass in die Tiefe stürzen. Wohl schützt oben eine Decke wiederstandsfähigerer Bänke vor allzu raschem Zerfallen, aber trotzdem gehen häufig Murren nieder und drohen die schönen Weidegründe am Fusse des Berges allmählich zu verschütten.

Die Hauptmasse des Gesteins besteht aus einem grauen, seltener rötlichen, wohlgeschichteten, in Parallelepipede sich absondernden Kalksteine, welcher ziemlich grobkrystallinisch ist und zahlreiche Einschlüsse von grauem Hornstein aufweist.

In den obern Lagen nimmt der Gehalt an Hornstein allmählich zu, es treten Bänkchen von reinem grauen Hornstein in Wechsellagerung mit dem Kalksteine auf und endlich gewinnt ersterer so sehr die Überhand, dass man in diesen Hornsteinschichten nur noch selten schwache Kalkbänkchen eingelagert findet. Der Bachriss, welcher vom Rothwand-Niederleger den Juifen hinanzieht, bietet hiefür den besten Aufschluss; eine hier vorgenommene Messung ergab für die Kalkbänke eine Mächtigkeit von 70,8 m; für die Hornsteine eine solche von 18 m.

In den unteren Schichten wechsellagern mit den Kalkbänken dünne, dunkelgraue Mergel und zwar treten letztere bis zu einer (auf der untersten Schichtfläche senkrechten) Höhe von 14³/₄ m auf, wie am Pitzgrat gemessen werden konnte.

Die Gesamtmächtigkeit dieser Unterabteilung schwankt zwischen 88,8 und 99 m. Von organischen Überresten sind aus diesen Schichten (ausser Fucoiden in den Mergeln) nur noch Belemniten in den Kalken aufgefunden worden.

Die Vegetation der Kalke weicht in nichts von der des Lias ab, da ja auch Substrat und Höhenlage fast dieselben sind. Dagegen tragen die Hornsteinbänke, wie am Pitzgrat

beobachtet werden kann, dieselbe Flora wie der rote Aptychenkalk (s. u.) und zeigen eine scharfe Grenze nach unten.

b) Der rote Aptychenkalk.

Auch für diese Unterabteilung des oberen Jura giebt jener Bachriss beim Rothwand-Niederleger den besten Aufschluss. Sie beginnt mit dünnbankigen roten Hornsteinen von 4 m Mächtigkeit, welche wegen ihrer grösseren Widerstandsfähigkeit gegen die Erosion einen Wasserfall bilden. Sie zersplittern wie die vorhergehenden grauen unter dem Hammerschlag leicht in scharfkantige Stücke. Sie zeigen an der Oberfläche häufig grüne Farben, was wohl auf eine Reduktion des die Farbe bedingenden Eisenoxyds zurückzuführen ist, wie dies Quenstedt[1] für die bunten Mergel des württembergischen Keupers annimmt.

Darüber folgen nun dünnbankige, silexreiche Kalke von roter Farbe, zwischen welche sich zuweilen noch vereinzelte Bänkchen von hellgrauer Färbung einschalten: so gewahrt man an dem genannten Bachriss, ungefähr 1 m über der unteren Grenze, 2 derartige graue Bänkchen von zusammen 15 cm Mächtigkeit. Die Mächtigkeit der roten Kalke beträgt an dieser Stelle 24 m, die Gesamtmächtigkeit der ganzen Unterabteilung (einschliesslich der roten Hornsteine) schwankt zwischen 28 und 52 m.

Gleich dem Hornsteinkalk bildet auch der rote Aptychenkalk langgestreckte, mächtige Felswände, welche mit denen des ersteren parallel verlaufen und so dem Juifen sein charakteristisches Ansehen verleihen.

Die Vegetation, welche auf dieser Felsart und den grauen Hornsteinen gedeiht, ist eine recht armselige; haarscharf grenzt sie sich mit ihren Moosen gegen den üppigeren Graswuchs des Hornsteinkalkes ab und gewinnt durch das Vorkommen von *Cladonia rangiferina* den Habitus der Haide. Doch lässt sich diese Eigentümlichkeit nur am Pitzgrat beobachten, da anderwärts herabgestürztes Material des grauen Aptychenkalkes die Einflüsse der unterliegenden Gesteinsart aufheben.

c) Der graue Aptychenkalk.

Der graue Aptychenkalk besitzt die grösste räumliche Ausdehnung innerhalb der Juraformation und setzt die Gipfelhaube des Juifen zusammen. Er besteht aus dichtem grauem Kalkstein, in welchem auch noch Hornstein vorkommt. In den unteren Lagen sind die Schichten dicker und minder eben-

[1] Quenstedt, Geologische Ausflüge 1864, pag. 67.

flächig abgesetzt, als in den oberen dünnplattigen. Letztere zeichnen sich durch das ziemlich häufige Auftreten eines kleinen Aptychus (*Aptychus gracilicostatus*) aus; ausserdem wurden gefunden

Aptychus punctatus VOLTZ
Lytoceras cf. municipale OPPEL
Ein unbestimmbarer Belemmit und
Crinoidenreste.

Das Gestein ist ziemlich reich an Thon und leistet daher der Erosion verhältnismässig geringen Widerstand, daher die Umrisse des Juifen von dem Punkte an, wo der graue Aptychenkalk auftritt, sanfter geschwungene Linien zeigen, als zuvor. Seine Lagerungsverhältnisse sind ziemlich regelmässige. Seine Mächtigkeit beträgt am Juifen etwa 500 m, und zwar wurde die der unteren dickbankigen Abteilung (nach einer barometrischen Messung) auf 296,4 m, die der oberen dünnbankigen auf 222,8 m (ohne Berücksichtigung der schwachen Falten und der von FRAAS beobachteten Verwerfung) berechnet.

Durch Verwitterung des Gesteins entsteht ein der Vegetation nicht ungünstiger Boden. So findet man am Juifen bis zum Gipfel hinauf gute Weideplätze und in grösserer Tiefe, z. B. am Dollmannsbach, hübsche Waldbestände. Auffällig ist das Vorkommen von *Plantago alpina* und *Phaca frigida* im grauen Aptychenkalk und Neocom am Juifen, zweier Pflanzen, welche (nach PRANTLs Exkursionsflora) im Allgäu zwar häufig, in den östlicheren Alpengebieten aber nur an ganz vereinzelten Standorten vorkommen.

6. Das Neocom.

In der Einsenkung, welche zwischen dem Juifen und der Marchbichler Spitze liegt, findet man dünnschiefrige; steil gegen Süden hin einfallende Kalkmergel von grauer Farbe, welche in der Kreidezeit zur Ablagerung gelangten. An Fossilien wurden jedoch nur Fucoiden und der *Aptychus undatus* GÜMB. aufgefunden.

Am Nordhange der Marchbichler Spitze fallen die Schichten zumeist entgegengesetzt ein, was sich daraus erklären lässt, dass bei Bildung der hier durchziehenden Verwerfung die Neocom-Schiefer stark geschleppt wurden.

Im Osten beginnen die Neocomgebilde nach einer kleinen Unterbrechung wieder im Norden der Hochplatte und setzen mit immer zunehmender räumlicher Ausdehnung bis an die Walchen fort, vom Aptychenkalk über- und unterlagert.

Der Boden, welcher aus Zersetzung dieser Gesteinsart entsteht, ist feucht und liefert vorzügliche Weidegründe. Die

Flora gleicht der des Aptychenkalks fast völlig, da ja beide Felsarten auch die gleichen Bestandteile enthalten.

7. Das Quartaer.

Aus der Tertiärzeit finden sich im Juifengebiete keine Ablagerungen, und erst die jüngste geologische Vorzeit hat wieder ihre untrüglichen Spuren zurückgelassen, das Diluvium. Die Gletscher, welche sich jetzt in die Hochthäler des Gebirges zurückgezogen haben, rückten damals von den Centralalpen aus bis tief in das Herz der schwäbisch-bayerischen Hochebene vor und überbrückten auf ihrem Wege die Pässe der nördlichen Kalkalpen. Als aber die klimatischen Bedingungen sich im Laufe der Jahre änderten, schwanden die Riesengletscher und grünende Fluren decken die Stelle, welche einst von Eis gestarrt; allenthalben zeugen jedoch noch geritzte Felsblöcke und fernhergetragene Gesteinsgeschiebe von jenen vergangenen Tagen.

Auch in der Gegend des Juifen finden sich unzweifelhafte Belege für die Wirksamkeit jener gewaltigen Eisströme: in der talartigen Depression, welche von der Brettersberg Mittelalpe [1] gegen Osten hinanzieht, findet man einen sehr schönen Gletscherschliff aufgedeckt, dessen Schrammen dem Verlauf des Walchentales parallel ziehen; ferner findet man zahlreiche Geschiebe von krystallinischen Schiefern, sowie von aus grösserer Nähe stammenden Gesteinen überall an den tiefer gelegenen Hängen (bis zu einer Höhe von ungefähr 550 m über dem Thalboden) zerstreut. Es sind keine Ablagerungen von bedeutender Mächtigkeit, aber von um so grösserer wirtschaftlicher Wichtigkeit, denn ihnen nur ist es zu verdanken, dass dem Hauptdolomit ein stellenweise tiefgründiger Lehmboden auflagert, welcher von diesem Gesteine selbst vermöge seines widersinnigen Einfallens fast überall gegen eine mechanische Fortschwemmung geschützt wird; den allerbesten Schutz für diesen Sparpfennig aus einer vergangenen Zeit bietet die Pflanzendecke, die den Lauf der Wasser hemmt und den Boden an die Stelle fesselt.

Vergleicht man nun mit den günstigen Resultaten, welche die Arbeit der jüngst vergangenen Vorzeit für unser Gebiet errungen hat, diejenigen, welche von dem Zusammenwirken der gegenwärtig herrschenden Bedingungen und Naturkräfte zu erwarten sind, so sinkt die Wagschale sehr zu Gunsten der ersteren. Wohl schafft auch heute noch der Wassertropfen emsig, den Kalk zu lösen und Thon zu konzentrieren und die Pflanze wird nicht müde in ihrer stillen, segenbringenden Arbeit;

---

[1] Österr. Generalstabskarte: „Hochalpe“.

aber von den Bergen stürzen Steinströme und überschütten fruchtbare Gelände mehr und mehr mit wüstem Gesteinsschutt, wie am Juifen, wo die Hirten einen schliesslich doch erfolglos bleibenden Kampf wider die feindlichen Naturkräfte kämpfen; alljährlich niedergehende Lawinen vernichten auf ihrer Bahn alle Kultur und der Mensch selbst greift feindlich mit ein: steile Hänge sieht man völlig von der schützenden Waldesdecke entblösst und findet so das sorgsam gesammelte Kapital eines guten Bodens gefährdet; sobald ein starker Regen niedergeht, tragen die Bäche geschäftig trübroten Schlamm nach der Tiefe, ein für diese Gegend unwiederbringlich verlorenes Gut, und entführen ihn nach der fernen Ebene; dem nahen Gebirgsthal führen sie nur grobe Gesteinsgerölle zu und bedrohen so, da das Bachbett sich mehr und mehr ausfüllt, die nächste Umgebung mit verheerenden Überschwemmungen. —

Über die Entwicklung des Lias im Juifengebiete.

Ein besonderes Interesse nehmen die Lias-Ablagerungen in Anspruch, da sie am Juifen eine im Vergleich zu der Entwicklung am Pfans-Joch enorme Mächtigkeit besitzen und sich in ziemlich viele Unterabteilungen gliedern lassen. Die an verschiedenen Stellen vorgenommenen Profilmessungen sind deshalb einer besonderen Berücksichtigung wert, weil sie an verhältnismässig wenig gestörten Schichten ausgeführt wurden. Die Schichten sind zwar ziemlich steil aufgerichtet, aber im Übrigen fast ganz regelmässig gelagert und wohl kaum beeinflusst von den im Norden und Süden stattgehabten Störungen.

Leider steht mit der Mächtigkeitsentfaltung der Reichtum an Fossilien in einem nahezu umgekehrten Verhältnisse: in den schwach entwickelten Bänken am Pfansjoch finden sich sehr zahlreiche Versteinerungen, während sie in den mächtig entwickelten Schichtenkomplexen des Juifen recht spärlich vorkommen; doch gelang es wenigstens, die Horizonte festzustellen.

Bei Besprechung der einzelnen Profile möge das vom Pfansjoch vorangehen, da es die einfachsten Verhältnisse darbietet und am weitesten bekannt ist.

A. Das Profil vom Pfans-Joch.

Über blauen Letten, welche noch der rhätischen Stufe angehören, lagert der untere Lias, nach den Angaben des Herrn Dr. SCHWAGER bestehend aus etwa

1 m rötlich grauen Kalken, in welche gelbe Knollen eingelagert sind, mit *Lima punctata* und Psilonoten (I[a]).

2 m gelbe und rote Kalke mit Angulaten und *Aulacoceras* (I^b)
4 m rote Kalke, versteinerungsarm (I^c).
Den mittleren Lias repräsentieren
5 m körnige rote Crinoidenkalke.
Es folgen
4 m rote thonige Knollenkalke, welche *Ammonites radians*, *Ammonites subarmatus* und zahlreiche Phylloceraten enthalten. Die oberen Teile dieser Abteilung gehören dem oberen Lias an, während die untersten (mit *Ammonites Algovianus*) noch zum mittleren gerechnet werden müssen.

16 m beträgt also hier die Gesamtmächtigkeit des Lias.

Dem Lias lagern sich nach CLARK 2—5 m rote und 2—10 m graue Hornsteine auf, über welchen der graue Abtychenkalk beginnt.

B. Das Profil vom Dollmannsgraben.

Folgt man von der Kohlstatt aus dem Dollmannsbach, so findet man da, wo die Berge ansteigen, Hauptdolomit, durch welchen sich der Bach mittelst einer gewaltigen Klamm einen Weg gebahnt hat. Bei dem Triftwerke ist man bereits im Gebiet des Plattenkalks; um weniges höher oben sieht man die letzten Schichten desselbens schräg über den Bach hinziehen und gelangt so in den Bereich der Kössener Schichten. Folgt man bei der Gabelung des Baches dem östlichen Zuflusse, so erreicht man bald einen kleinen Thalkessel, welcher durch einen Wasserfall abgeschlossen ist. Den Untergrund desselben bilden dunkelgraue Letten des Rhät, in welchen *Avicula Sinemuriensis* d'ORB gefunden wurde. Darüber lagert der untere Lias und zwar zunächst

16 m wohlgeschichtete graue, rötlich anwitternde, grobkrystallinische Kalke mit
Lima punctata SOW.
Terebratula punctata SOW.
Waldheimia perforata PIETTE
Rhynchonella gryphitica QU.
Aulacoceras liasicus GÜMB.
Terquemia sp. (I^a). Es folgen

79,46 m kompakte, wohlgeschichtete Kalke mit gelblichen Hornsteineinschlüssen (I^c). Dieser Schichtenkomplex ist vom Bach in tiefer Schlucht aufgerissen.

Der mittlere Lias zeigt zunächst etwa
6 m rote knollige Kalke (die obere Grenze ist nicht scharf aufgeschlossen, daher das Resultat nicht genau). (II^a).

Man überschreitet nun

2,05 m graue knollige Kalke (II^b) und

2,65 m deutlich geschichtete, dünnschiefrige Mergelschiefer, welche mit den dickbankigen Mergelkalken der übrigen Juifen-Gebiete zusammengebracht werden müssen (II^c).

Es folgen nun dunkelgraue lockere Mergel, welche aber auf einer horizontalen Strecke von 52 m Länge nicht hinreichend aufgeschlossen sind; am Ende dieser Strecke sieht man sie wieder deutlich am Fusse eines Wasserfalles anstehen. Nimmt man nun für sie dasselbe Einfallen an wie für die vorhergehenden Schichten, so berechnet sich ihre Mächtigkeit auf

16,07 m (II^d).

Der obere Lias beginnt mit

3,03 m grauen Kalken (III^a) und schliesst mit

24,50 m roten thonigen Knollenkalken.

149,76 m ist also die Gesamtmächtigkeit des Lias im Dollmannsgraben.

Darüber lagert nun der Hornsteinkalk, an der Trift steht roter Aptychenkalk an und über diesem breitet sich dann der graue Aptychenkalk aus.

C. Das Profil am Pitzgrat.

An dem Grat, welchen der Juifen gegen die Pitzalpe hin aussendet, bildet der Lias die untersten steilen Gehänge.

Über den Mergeln der Kössener Schichten stehen als unterstes Glied des unteren Lias zunächst an

4,5 m graue bis rötliche, grobkrystallinische Kalke, welche beim Anschlagen starken Bitumengeruch zeigen und organische Reste (Psilonoten, *Lima punktata* SOW. und *Pecten Hehli* d'ORB.) enthalten (I^a).

2,42 m dunkelgraue minder grobkrystallinische Kalksteine, welche nicht rot anwittern und arm an Versteinerungen sind. (Es wurde hier nur ein einziger unbestimmbarer Ammonit aufgefunden). Diese Schichte ist das Äquivalent der Angulatenbank des Pfansjochs (I^b).

27,8 m dichte, gelbliche oder grauliche Kalksteine, welche grau anwittern, splittrigen Bruch zeigen und gelbliche Knollen von Hornstein einschliessen. Im Dünnschliffe geben sie ihre organogene Entstehung kund (I^c).

Die genannten drei Unterabteilungen des unteren

Lias sind in wohlgeschichtete Bänke von 5—25 cm Dicke geschieden und sondern sich leicht in Parallelepipede ab, in ähnlicher Weise, wie der Hornsteinkalk des oberen Jura. Der mittlere Lias besteht aus

14,15 m roten conglomeratähnlichen, thonigen Kalken mit zahlreichen Crinoidenstielen, ferner Belemniten und einen Ammoniten aff. *exaratus* PHILLIPS (II^a).

Dieselbe Unterabteilung des mittleren Lias mass ich, ein wenig weiter östlich einem kleinen Bachriss folgend, und fand eine Mächtigkeit von 14,5 m; eine genaue Bestimmung war dort aber nicht möglich, da die obere Begrenzung nicht scharf aufgeschlossen war.

Über den roten Kalken sieht man graue, mit Crinoidenstielen erfüllte, ziemlich dünnbankige Kalksteine, welche dicke graue Mergelkalke überlagern, die rötlich anwittern und unbestimmbare Bivalven- und Ammonitenreste bergen. Am Grat selbst sind diese Schichten nicht messbar; westlich davon fand ich

5,25 m für den grauen Crinoidenkalk (II^b) und — als Minimalwert —

5,37 m für den Mergelkalk (II^c). Diese Werte wurden in das auf der Tafel gezeichnete Profil C eingesetzt, obgleich sie für die Entwicklung am Grat selbst zu hoch gegriffen zu sein scheinen.

Über dem Mergelkalk scheinen gelbe lose Mergel anzustehen, welche bei ihrer grossen Erodierbarkeit einer am Nordfuss des Juifen bis gegen die Hochschulterberg-Alpe hinziehenden Terrasse den Ursprung gaben. Ihre Mächtigkeit berechnet sich auf

6,24 m (II^d); es wurde nämlich die Strecke vom Mergelkalk bis zur oberen Grenze des Lias gemessen und die Minimalmächtigkeit des oberen Lias in Abzug gebracht. Diese beträgt

11,91 m. Es sind rote, thonige Knollenkalke, mit *Nautilus cf. intermedius* SOW. und Fucoiden (III). Die untere Begrenzung ist hier nicht aufgeschlossen.

(Dieselbe Schichte zeigte weiter westlich, wo sie nach unten durch graue Knollenkalke begrenzt wurde, 16,42 m Mächtigkeit).

77,64 m ist also die Mächtigkeit des ganzen Lias am Pitzgrat.

Darüber lagerte der Hornsteinkalk (IV^a) mit

78,53 m Mächtigkeit (bis 14,75 m Höhe von der unteren Grenze an mit Fucoiden enthaltenden Mergelschiefern

wechsellagernd). Über den 20,48 m, welche die grauen Hornsteine (IV^b), und 52,09 m, welche der rote Aptychenkalk (V) samt den roten Hornsteinen einnimmt, dehnt sich dann der graue Aptychenkalk (VI) etwa 500 m mächtig aus.

D. Das Profil beim Rothwand-Hochleger.

An der gegen den Rothwand-Hochleger hinabziehenden schwachgewölbten Kante des Berges konnten die örtlich anwitternden grauen Kalke des unteren Lias (I^a) erkannt und auf

11,67 m Minimalmächtigkeit berechnet werden. Darüber folgen

27,58 m gelbliche dichte Kalksteine mit gelben Einschlüssen (I^c).

Die roten thonigen Kalke des mittleren Lias konnten hier nicht gemessen werden, da sie nach oben hin verdeckt sind.

Ein Aufschluss südlich von dieser Stelle gestattete auch nur unsichere Messung (20,67 m); das Hangende ist verdeckt und erst die oberen Liaskalke, mit roten, Fucoiden enthaltenden Mergelschiefern wechsellagernd, treten unter dem Hornsteinkalke wieder zn Tage.

Noch weiter südlich dagegen, kurz nach der Stelle, wo eine Falte das plötzliche Vorrücken aller Schichten gegen Westen hin veranlasst hat, gelang es, die Mächtigkeit der roten Kalke des mittleren Lias auf

19,81 m zu bestimmen (II^a). Es folgen

3,4 m grauer Crinoidenkalk (II^b),

2,5 m dickbankige, graue Mergelkalke, welche gelb anwittern (II^c)

3,74 m Lücke in der Messung in Folge lokaler Störungen, endlich

0,6 m gelbe Knollenkalke mit Hornstein (III^a) und

18,8 m dicke rote Knollenkalkbänke und körnige Crinoidenkalke; nach oben hin finden sich einige rote Mergelschieferlager eingeschaltet und zu oberst geht das Gestein unmerklich in graue Knollenkalke über (III^b). Die untersten Bänke gehören noch dem mittleren Lias an, da sie noch einen *Ammonites* (*Harpoceras*) *Algoviamus* OPP. bargen; die oberen, petrographisch nicht zu unterscheidenden Bänke mit Phylloceraten stellen den oberen Lias dar.

88,1 m ist die Gesamtmächtigkeit des Lias, wenn man die

zwei hierher gehörigen Profile kombiniert. Darüber lagern hierauf

70,64 m (IV^a) Hornsteinkalk,

25,77 m (IV^b) graue Hornsteine und

33,97 m (V) roter Aptychenkalk (einschliesslich der roten Hornsteine).

E. Das Profil beim Rothwand-Niederleger.

Der Bachriss, welcher südlich vom Rothwand-Niederleger vorbeizieht, hat die Schichten des Lias und der unteren Abteilungen des oberen Jura klar aufgeschlossen und die Begrenzung der einzelnen Glieder meist sehr deutlich aufgedeckt, so dass dieses Profil eines der genauesten ist, wenngleich die Bestimmung der Mächtigkeit einer etwas umständlichen Berechnungsmethode unterlag, da es nicht möglich war, wie sonst, senkrecht zur Streichlinie zu messen.

Die untersten zu Tage tretenden Schichten des Jura gehören dem unteren Lias an und zwar sind

19,77 m des gelblichen, durch Hornsteineinschlüsse charakterisierten, dichten Kalksteines aufgeschlossen (I^c). Darüber lagern, dem mittleren Lias zuzuzählen,

79,81 m rote Knollenkalke mit Ammoniten (*Ammonites Nilsoni*, *Ammonites* (*Aegoceras*) *nov. sp.*, *aff. brevispina* SOW. *Lytoceras sp.*) und Belemniten (II^a), ferner

9,2 m graugelbe dickbankige Kalke (II^c). Der graue Crinoidenkalk (II^b) wurde nicht anstehend beobachtet; doch spricht ein beim Bach gefundenes Lesestück für sein Auftreten an dieser Stelle. Die

6,3 m graue Knollenkalke (III^a) sind bereits zum oberen Lias zu ziehen und werden überlagert von

26,61 m der obern roten Schichten (III^b). Dieselben bestehen zum Teil aus roten körnigen Crinoidenkalken mit *Nautilus sp.*, Bivalven und sehr zahlreichen Belemniten, oder aus kompaktem grün-rotem Gestein, oder aus mächtigen Bänken von thonigen Knollenkalken

121,92 m ist also hier die Mächtigkeit des mittleren und oberen Lias. Darüber lagern

70,82 m Hornsteinkalk (IV^a),

17,96 m graue Hornsteine (IV^b),

4,00 m rote Hornsteine (V^a) und

24,02 m roter Aptychenkalk (V^b).

Vergleicht man die obigen 5 Profile eingehender, so findet man zunächst eine Variabilität im Gesteinscharakter.

Das unterste Glied des untern Lias (I^a) zeigt überall so

ziemlich die gleiche Beschaffenheit; I^b zeigt im Profil A rote und gelbe, in C graue Farbentöne. I^c wird bei A durch roten Kalk, bei B—E durch gelbliche dichte Kalke mit Hornsteinen dargestellt.

Der mittlere Lias besteht am Pfansjoch aus rotem körnigem Crinoidenkalk; im Juifengebiet aber findet man zu unterst rote thonige Knollenkalke, welche nur in C wirklich reich an Crinoiden sind; diese werden von grauen Kalken gleicher Art, aber meist (ausser in B) reicher an Crinoiden, überlagert (II^b). Übrigens dürfte II^b nur als eine Modifikation von II^a aufzufassen sein, da sich ja wohl annehmen lässt, dass der Eisenoxydgehalt in den obersten Schichten durch Auslaugung ein geringerer geworden sei, wie ein solcher Vorgang bei den oberen roten Schichten noch deutlicher zu beobachten ist. Für diese Erklärung spricht insbesondere die Beobachtung, dass in den grauen Crinoidenkalken an der Hochrotwandalpe zuweilen noch ein roter Kern nachgewiesen werden kann. Auch ist die Begrenzung häufig eine sehr undeutliche, und wo sie scharf ist, lässt es sich darauf zurückführen, dass hier plötzlich thonige Lagen auftreten und diese — wenn man nicht an chemische Bindung denken will — mechanisch den Farbstoff energischer festhalten, als der darüber lagernde thonfreie Kalkstein.

Es folgen nun graue, rötlich verwitternde Mergelkalke, welche am Juifen dickbankig, am Dollmannsbach aber dünnschiefrig ausgebildet sind (II^c).

Darüber lagern rote Mergel in B und C, während dieselben in D und E fehlen.

Alle diese drei Schichten (II^b, II^c und II^d) fehlen dem Pfans-Joch.

Dort folgen nun rote thonige Knollenkalke (III), die in gleicher petrographischer Beschaffenheit auch im Juifengebiet wiederkehren; doch findet man sie hier auch öfters durch dichte grünrote Kalksteine oder körnige Crinoidenkalke ersetzt; auch rote Mergelschiefer schalten sich zuweilen zwischen die Kalkbänke ein. Am Schweinauerbach und Dollmannsgraben finden sich graue kompakte Kalksteine, westlich vom Pitzgrat, sowie an D und E graue Knollenkalke (III^a) als das Liegende obiger roter Schichten.

Es ist für A und D zwar nachgewiesen, und für die andern anzunehmen, dass die untersten Bänke noch dem mittleren Lias angehören, während die höheren Partien den oberen Lias repräsentieren; eine Grenze lässt sich nicht auffinden, vielmehr bilden diese Schichten petrographisch ein so einheitliches Ganze, dass sie hier, wo es hauptsächlich auf die Art

der Ablagerung ankommt, zusammengefasst werden mögen, da sie offenbar genau unter denselben Bedingungen entstanden sind.

Noch grösser ist der Unterschied zwischen dem nördlichen und südlichen Gebiete bei den zwischen Lias und grauem Aptychenkalk gelegenen Ablagerungen: hier schwache Schichten roter und grauer Hornsteine, dort mächtige Hornsteinkalke, graue sowie rote Hornsteine und rote silexreiche Kalke.

Noch auffälliger, als bezüglich der Gesteinsbeschaffenheit, ist die Verschiedenheit der einzelnen Abteilungen bezüglich der Mächtigkeit, wie die vergleichende Nebeneinanderstellung der graphisch in Schachtform dargestellten Profile (siehe die Tafel) auf den ersten Blick ergiebt, wobei noch hervorzuheben ist, dass A von B 8300 m, B von C 2250 m, C von D 1200 m und D von E 375 m entfernt ist.

Das unterste Gied I^a^ (Planorbiszone) des unteren Lias ist am Pfansjoch 1, am Pitzgrat 4,5 m mächtig, während die Angulatenzone I^b^ nur wenig differiert: 2 m und 2,42 m. Nimmt man jedoch beide Glieder, die sich im nördlichen Gliede nur an vorzüglichen Aufschlüssen auseinander halten lassen, zusammen, so findet man, dass den 3 m in A 6,92 in C, 11,67 in D und und 16 m in B gegenüberstehen.

Weit beträchtlicher ist die Differenz bei dem darüber lagernden versteinerungsarmen Schichtenkomplex I^c^: A 4, B 79,46, C 27,8, D 27,58 m und namentlich beim mittleren Lias: der rote Crinoidenkalk II^a^ ist in A 5, in B 6, in C 14,17, in D 19,31 und in E (einschliesslich II^b^) 79,81 m mächtig. Der graue Crinoidenkalk II^b^ zeigt in B 2,05, in C 5,25, in D 3,4 m. Der Mergelkalk II^c^ weist in B 2,65, in C 5,37, in E 9,2, in D mindestens 2,5 m auf. Der auflagernde lose Mergel II^d^ dürfte in B 16,07, in C 6,24 m mächtig sein, dann aber sich völlig auskeilen, da D und E nichts mehr davon zeigen.

Der rote thonige Knollenkalk, welcher in A mit 4 m den oberen Lias repräsentiert, zeigt sich am Schweinauerbach[1] 5,25 m, in B 24,5, in C mindestens 11,91, weiter westlich davon 16,42, in D 18,8 und in E 24,61 m mächtig. Diesem ist am Schweinauerbach und in B grauer wohlgeschichteter Kalk unterlagert, welcher an letzterer Lokalität 3,03 m Mächtigkeit zeigt. In D und E bilden graue Knollenkalke von 0,6 resp. 6,3 m Mächtigkeit das Liegende. Betrachtet man also den Lias in seiner Gesamtentwicklung, so entsprechen 16 m

[1] Dies war die einzige Schichte, an dem 2225 m von B entfernten Aufschluss, welche eine genauere Messung zuliess, während die qualitativ sehr guten Aufschlüsse an der Rethalpe wegen mannigfacher Störungen in den Lagerungsverhältnissen sich der Messung völlig entziehen.

in A 149,76 in B, 77,64 in C, 88,1 in D und über 141,69 m in E. Es ergiebt sich also innerhalb des Lias folgende Stufenleiter in der Mächtigkeit der einzelnen Glieder:

$I^a + I^b$: $A < C < D < B$ (E nicht bekannt)
I^c : $A < D < C < B$ (E nicht bekannt)
II^a : $A < B < C < D < E$
II^b : $B < D < C$ (E nicht bekannt, $A = 0$)
II^c : $B < C < E$ (D nicht genau bekannt, $A = 0$)
II^d : $C < B$ (D, E und $A = 0$)
III^a : $D < B < E$ (C nicht sicher bekannt, $A = 0$)
III^b : A $<$ Schweinauerbach $< C < D < B < E$ und wenn man den Lias im Ganzen betrachtet,

$$A < C < D < B \; (< E?).$$

Trägt man noch folgende Verhältnisse hinzu:

IV: $E < D < C$ und zwar $\begin{cases} IV^a \; D < E < C \\ IV^b \; E < D < C, \end{cases}$ sowie
V: $E < D < C$,

so ist sehr leicht ersichtlich, dass sich nur wenig Gesetzmässigkeit in den Mächtigkeitsverhältnissen nachweisen lässt. Lässt man A als zu weit entfernt und stets schwächer entwickelt ausser dem Spielraum der Betrachtung, so sieht man, dass die Schichte

$I^a + I^b$ von C aus beiderseitig zunimmt,
I^c von B nach D hin abnimmt,
II^a von E nach B hin abnimmt,
II^b von C aus beiderseitig abnimmt,
II^d von B nach C hin abnimmt und dann sich auskeilt,
III^b von C aus beiderseitig zunimmt, von B gegen den Schweinaubach hin aber beträchtlich abnimmt, dass also keines der angeführten Beispiele auch nur qualitativ, geschweige denn quantitativ mit Berücksichtigung der geographischen Entfernung der Profile mit dem anderen übereinstimmt. Es ist also von einer Gebirgsauswalzung an dem hier näher untersuchten Liasstreifen nicht die Rede, wenngleich eine oberflächliche Vergleichung der Gesamtmächtigkeit des Lias in den 4 untersuchten Profilen zu dieser Vermutung führen könnte, da am Pitzgrat ein Minimum in der Mächtigkeit und von hier aus ein Anwachsen nach beiden Richtungen hin zu beobachten ist.

Bei den beiden untern Gliedern des obern Jura dagegen lässt sich eine auffällige Gesetzmässigkeit beobachten, indem sowohl IV als V von E nach C hin zunehmen und wenn allerdings IV^a von D aus beiderseits zunimmt (D und E könnten hier übrigens als gleich angenommen werden) und IV^b von D aus beiderseits abnimmt, so ist darauf beiderseits kein besonderes Gewicht zu legen, da die beiden Glieder an ihren Grenzen

ja nur graduell verschieden sind und D überhaupt keine sehr scharfe Abgrenzung von IV^a und IV^b gestatten.

Es lässt sich daher annehmen, dass die Ablagerungen in dem Mächtigkeitsverhältnisse zur Bildung gelangten, wie sie sich heutzutage noch zeigen, und es ist daher von Interesse, zu erwägen, unter welchen Bedingungen wohl die Absätze erfolgt seien, um so mehr, als nicht alle die Gründe für die Umgebung des Juifen zutreffen, welche Dr. F. WÄHNER[1] bewegen, den alpinen Lias für eine Tiefseebildung anzusprechen. Wohl treten auch hier Hornsteine und Brauneisenkoncretionen auf, allein die Mächtigkeit der einzelnen Schichten, wie ihr petrographischer Charakter schwankt innerhalb so bedeutender Grenzen, dass man nicht leicht daran denken kann, dass unsere Ablagerungen sich in der Tiefsee gebildet hätten.

Doch erhebt sich hier zunächst die Frage, was überhaupt unter Tiefseebildungen zu verstehen sei? TH. FUCHS[2] versteht darunter diejenigen Sedimente, welche eine Tiefseefauna beherbergen und setzt ihre obere Grenze auf etwa 100 Faden (STUXBERG auf 40 Faden) fest, wobei er vom paläontologischen Standpunkte aus gewiss Recht hat. Wenn man aber auf den Ursprung der Sedimente Rücksicht nimmt, so stellt man den Tiefseebildungen diejenigen als Küstenbildungen gegenüber, welche ihr Material vom Lande beziehen. JOHN MURRAY[3], der Geologe der Challenger Expedition unterscheidet folgende 5 Arten mariner Sedimente:

1. Küstenablagerungen nahe den Kontinenten und Inseln, (bis 150, ja zuweilen 200 Seemeilen von der Küste entfernt und oft in beträchtliche Tiefe — über 5000 m — hinunterreichend).
2. Globigerinenschlamm (450 bis 5000 m).
3. Radiolarien- und
4. Diatomeenschlamm,
5. Tiefseethone von 3660 m Tiefe ab.

Wenn man nun die drei aufgeführten organogenen Sedimente ohne Weiteres als typische Tiefseebildungen annehmen kann, so ist es andererseits sehr fraglich, ob zwischen den roten Tiefseethonen und dem blauen, grünen, grauen, roten Schlamm der Küstenablagerungen ein prinzipieller und nicht bloss ein gradueller Unterschied bestehe; denn es lässt sich kein Grund einsehen, warum dieselben Kräfte, welche z. B. Trümmer augitischer Laven 200 Seemeilen von ihrem Ursprungsorte, den Sandwich-Inseln, forttragen, nicht unter günstigen

[1] Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt 1886.
[2] Neues Jahrbuch II. Beil. Bd.
[3] BEHMS geogr. Jahrbuch VII.

Bedingungen dergleichen feine Sinkstoffe auch noch weiter entführen sollten und das beständige Auftreten mikroskopisch kleiner Quarz-, Laven- und Bimssteinpartikelchen in den roten Tiefseethonen spricht deutlich dafür, dass auch sie zum grössten Teile dem Lande entnommen sind, obgleich MURRAY mit Recht auf die unterseeischen Eruptionen hinweist. Es ist daher von Interesse, dass gerade an den tiefsten Stellen des Meeres die Ablagerung hauptsächlich von Bimssteinen und anderen vulkanischen Produkten gebildet werden, einem Materiale, welches am allerleichtesten vom Wasser transportiert und daher auch noch von Strömungen geringerer Geschwindigkeit weiter getragen werden kann. Kann ja doch vulkanische Asche sogar von der Luft lange Zeit in der Schwebe gehalten und weithin fortgeweht werden! Dass aber die Meeresströmungen feinverteilten Schlamm weiterzuführen vermögen, beweist das Vorkommen von Küstenablagerungen in so grossen Entfernungen vom Ufer, wie sie oben angegeben wurden.

Es zeigt sich aber zugleich, dass ein prinzipieller Unterschied besteht zwischen den genannten Küstenablagerungen und wirklichen Uferbildungen, indem diese zum Unterschied von jenen ohne Beihilfe von Kräften des offenen Meeres zur Ablagerung gelangten, teils dadurch, dass die durch Verwitterung oder Wirkung der Wellen losgelösten Gesteinsstücke durch eigene Schwerkraft oft unter Einfluss des Wellenschlags sich absetzten, oder dadurch, dass die vom Flusse in der Schwebe gehaltenen Sinkstoffe endlich niedersinken, indem die Stromkraft des Flusses im Meere sich rasch abschwächt. Werden solche Elemente dagegen von Meeresströmungen erfasst und fortgetragen, so entstehen Küstenablagerungen im Sinne MURRAY's, welche in geologischer Hinsicht bereits den Tiefseebildungen zuzurechnen sind; eine Tiefengrenze der Uferbildungen gegen die Tiefseeablagerungen lässt sich übrigens nicht angeben. (Die von der Luft dem Meere zugeführten Stoffe, wie Staub, vulkanische Produkte, Flugsand dürften kaum irgendwo selbstständige Ablagerungen veranlassen; von Eisbergen verursachte Geröllablagerungen, auf welche HAHN[1] hinweist, gehören prinzipiell zu den Tiefseebildungen).

Nachdem K. ZOEPPRITZ in seiner wichtigen Arbeit: „Hydrodymanische Probleme in Beziehung zur Theorie der Meeresströmungen"[2] so manches Dunkel aufgehellt, welches bis dahin über die Natur desselben herrschte, ist es leichter möglich, ihre Bedeutung als geologische Faktoren zu würdigen.

---

[1] Ausland 1882, Nr. 14 und 16.
[2] WIEDEMANNS Annalen, Neue Folge. III (1878).

Man kann als zweifellos annehmen, dass die Meeresströmungen wirklich Sinkstoffe fortführen können und zwar vermögen sie schwerere zu tragen, als gleichrasch bewegtes süsses Wasser, wegen ihres höheren spezifischen Gewichtes. Die Geschwindigkeit nimmt aber nach ZOEPPRITZ — bei Annahme einer bereits unbegrenzt lange dauernden Bewegung — nach unten hin linear ab, bis sie endlich am Grunde des Meeres (oder in einer Zwischenzone zwischen der Oberflächenströmung und entgegengesetzten Unterströmungen) gleich null wird,[1] daher auch mit der Tiefe die Fähigkeit, festes Material zu tragen, mehr und mehr abnimmt, wenngleich die (geringe) Zunahme des spezifischen Gewichts des Wassers (in Folge des hohen Druckes) dem entgegenarbeitet.[2] Zunächst werden die Strömungen die Schalen pelagischer Organismen, wie Radiolarien, Globigerinen und Diatomeen erfassen und so die Veranlassung werden, dass dieselben auf weite Strecken hin gleichförmig den Boden bedecken, was bei blossem Niedersinken nicht in gleichem Maasse der Fall sein könnte. Und wenn Meeresströmungen feinen Schlamm 150 Seemeilen vom Ufer hinwegführen können, so werden sie wohl einen noch feineren Schlamm auch noch eine weitere Strecke in der Schwebe zu halten vermögen. Natürlich kann die Belastung bei der geringen Geschwindigkeit nur eine sehr kleine sein und die Sedimentbildung also nur sehr langsam erfolgen, wie MURRAY unter Hinweis auf die Mangankrusten der Knochen von Haien, Cetaceen u. a. auch für wahrscheinlich hält.

So lange die Strömung ihre volle Geschwindigkeit beibehält, wird sie den grössten Teil des festen Materials in der Schwebe halten; wenn sich aber die Energie der Bewegung mindert, sei es, indem der Strom sich verbreitert, oder indem er an eine Schranke stösst, so wird an den betreffenden Stellen der grösste Teil der Sinkstoffe niederfallen und im Verlauf einer sehr langen Reihe von Jahren werden an solchen Orten Ablagerungen entstehen, welche die benachbarten an Mächtigkeit weit übertreffen. Inmitten von Oceanen werden sich Berge von beträchtlicher Höhe, aber allerdings ungemein geringen Böschungen erheben und die Ränder der Festländer müssen

---

[1] Von IRMINGER (Zeitschrift für allgemeine Erdkunde 1854, III, pag. 173 ist auch für die nördliche Äquatorialströmung des Atlantischen Oceans eine Bewegung noch in 500 Faden Tiefe nachgewiesen worden.

[2] Wenn BUCHANAN, der Chemiker der Challenger Expedition nachgewiesen hat (vergl. Annalen der Hydrographie VII, pag. 98), dass das spezifische Gewicht von der Oberfläche bis zu einer Tiefe von 800 bis 1000 Faden abnimmt und von da bis zum Meeresboden zunimmt, so ist zu bedenken, dass von ihm das spezifische Gewicht auf einen Druck von 760 mm bezogen ist.

sich immer mehr verflachen. Es ist wohl kaum ein blosser Zufall, dass da, wo die antarktische Strömung des stillen Oceans sich in den Cap-Horn- und den peruanischen Strom gabelt, der Meeresboden um mehr als 1000 m ansteigt, oder dass gerade in der Gegend, wo die Floridaströmung sich zu verzweigen beginnt, in der Mitte des atlantischen Oceans, eine Bodenerhebung ist, welche bei der Sondierung des ersten atlantischen Kabels nachgewiesen wurde und „sich bei 18,9 geographischen Meilen Grundlage teils um 648 m nach Neufundland, teils um 916 m nach Irland zu senkt" (PESCHEL). Auf ähnliche Gründe lassen sich wohl auch die Gestalt der Tuscarora-Tiefe mit ihrer merkwürdigen Südostspitze bei 30° n. Br. und 150° östlich von Greenwich, ferner die grosse Fläche minder tiefen Wassers westlich der Galapagos-Inseln, das „atlantische Plateau" nördlich der Seegrasbänke u. a. zurückführen.[1] Doch ist bei solchen Spekulationen grosse Vorsicht geboten, da man ja für den Meeresboden weitgehende, ursprüngliche Tiefendifferenzen annehmen muss.

Stösst eine Flüssigkeitsströmung senkrecht gegen eine senkrechte Schranke, so teilt sie sich in zwei gleichstarke Ströme, welche mit gleichbleibender Geschwindigkeit entgegengesetzt davoneilen.[2] Da nun im Allgemeinen kein Ufer senkrecht ins Wasser abstürzt, sondern sich unter bestimmten Winkeln hinabsenkt, so müssen tiefer gelegene Wasserschichten früher an die Schranke gelangen und also auch früher die Stromteilung erfahren, als höher gelegene, daher sie wegen des molecularen Zusammenhangs die Bewegungsenergie der höheren Wasserschichten mindern und also eine Sedimentbildung begünstigen müssen; die obersten Flüssigkeitsschichten werden übrigens, obgleich ihnen ursprünglich die grösste Geschwindigkeit zukommt, durch den Einfluss der darunter liegenden Massen bereits so sehr in der Bewegungsenergie geschwächt sein, dass sie kaum mehr irgend welche Sinkstoffe enthalten, um so weniger, je kleiner der Neigungswinkel der Küste ist. Die Sedimente werden etwaige Ungleichheiten des Bodens allmählich ausfüllen und, indem sich in einer gewissen Entfernung von dem Ufer (welche für jeden Böschungswinkel unter Berücksichtigung der Tiefe der Strömung berechnet werden könnte) ein Maximum von festem Material absetzt, die Böschung immer geringer werden lassen, wobei die Schichten sich immer mehr der Konkordanz nähern.

---

[1] Vergl. die Karten A und B des „Handbuchs der Oceanographie", Wien 1883.

[2] K. ZOEPPRITZ, Über Stromteilung und -Zusammensetzung. Annalen der Hydrographie VII (1879) pag. 155 ff.

Auf den Grund der Meere selbst wirken die Meeresströmungen nicht mehr unmittelbar ein, da ihre Bewegungsenergie hier gleich null ist, während sie in der Höhe noch ziemlich hohe Werte besitzt und dementsprechend beträchtliche unmittelbare Wirkungen ausüben können.

Wenn also demnach die Tiefseebildungen Schwankungen in der Mächtigkeit erkennen lassen, so machen sich dieselben doch erst auf so weite Entfernung geltend, dass sie innerhalb eines kleinen Gebietes sowohl bezüglich der Mächtigkeit als des petrographischen Charakters als gleichbleibend erkannt werden müssten. Aus diesen Gründen glaube ich also die Liasbildungen, wie sie sich in der Umgebung des Juifen beobachten lassen, als Uferbildungen ansprechen zu müssen, da nur in der Nähe des Strandes die Bedingungen zu einem raschen Wechsel der Mächtigkeit und des petrographischen Charakters gegeben sind. Wenn nun in der weitentfernten Gegend von Adneth von WÄHNER grosse Konstanz in den Verhältnissen dieser Schichten beobachtet wurde, so spricht dies nur dafür, dass der Strand, welcher in der Nähe des Juifen vorüberführte, in ziemlich bedeutender Entfernung von Adneth verlief, daher diese Ablagerungen bereits den Charakter von Tiefseebildungen, und zwar von Küstenbildungen im Sinne MURRAY's tragen.

Weil sich aber in den höher gelegenen Schichten (den beiden unteren Abteilungen des oberen Jura) eine gewisse Gesetzmässigkeit kundgiebt, so bin ich geneigt, dieselben als Bildungen tiefen Wassers anzusehen, indem nach beträchtlicher Senkung des Terrains nunmehr die von Meeresströmungen herrührenden Absätze die Ungleichheiten des Meeresgrundes allmählich auszugleichen begannen.

Methode der Messung.

Zur Messung der Profile bediente ich mich eines Messbandes, respektive einer Messschnur, sowie eines geologischen Kompasses. Es ist einleuchtend, dass mit so unvollkommenen Instrumenten eine mathematische Genauigkeit der Zahlenwerte nicht zu erlangen war und wenn die Mächtigkeit der Schichten bis auf Centimeter genau angegeben ist, so möge hier ausdrücklich hervorgehoben werden, dass diese Zahlen nur aus Näherungswerten berechnet wurden und allein deshalb nicht korrigierend auf- oder abgerundet worden sind, weil sich im einzelnen Falle nicht ermitteln liess, in welchem Sinne und in welcher Stärke eine Korrektur vorzunehmen wäre, denn obwohl

eine zur Kontrole vorgenommene barometrische Nachmessung am Pitzgrat um fast 10% höhere Werte ergab, als die aus den genauen Messungen berechneten Zahlen angeben, so bin ich doch eher der Ansicht, dass die Resultate zu hohe sind. Die Resultate der barometrischen Messungen gegenüber den direkten waren an genannter Stelle für die Mächtigkeit des gesammten Lias 84,7 m (gegenüber 77,64), für die des Hornsteinkalks einschliesslich der grauen Hornsteine 108,02 m (gegenüber 99,01), für die des roten Aptychenkalks einschliesslich der roten Hornsteine 57,2 m (gegenüber 52,09 m).

Ferner war die Ungunst der Lokalität häufig scharfen Messungen hinderlich und endlich gestattet auch der Kompass nur innerhalb weiter Grenzen genaue Ablesungen. Doch genügen für den Zweck, welchem meine Messungen dienen sollten, die durch die angewandten Methoden erhaltenen Näherungswerte vollständig; genaue Werte dagegen wären nur durch ein exaktes Nivellement in Verbindung mit topographischer Aufnahme der Umgebung zu erlangen.

In den meisten Fällen wurde nach Bestimmung des Streichens und Fallens der Schichten ihr Ausstrich mit der Messschnur senkrecht gegen die Streichlinie gemessen und die Neigung der Schnur festgestellt, aus welchen Elementen sich die Mächtigkeit der Schichten sehr einfach trigonometrisch berechnen lässt.

Wo flache Falten die normalen Lagerungsverhältnisse unterbrachen, verfolgte ich den Verlauf einzelner Bänke und mass staffelförmig mit dem Bergstocke die Mächtigkeit direkt, wie am Schweinauer Bach und bei den unteren Schichten am Dollmannsbach.

Wenn aber nicht senkrecht gegen die Streichlinie hinaufgemessen werden konnte, wie an der Rothwand-Niederalpe, wo die Schichten längs eines mehrfach gewundenen Bachrisses aufgeschlossen sind, bedurfte es einer etwas umständlicheren Methode: ich bestimmte Streichen und Fallen der Schichten, die Länge der Messschnur, ihre Neigung gegen die Horizontalebene und ihr Azimuth, d. h. den Winkel, welchen eine durch die Schnur gelegte Vertikalebene mit dem Meridian des Ortes bildet. Aus diesen fünf Elementen lässt sich die Mächtigkeit in folgender Weise berechnen:[1]

Angenommen, es sei in meiner auf der Tafel gezeichneten Figur H E die Horizontalebene, die durch den Ausgangspunkt A meiner Messung geht, ferner gehe die Meridianlinie N S und die Schnittlinie A G (= Streichlinie) der unter dem Fallwinkel

[1] Ich verdanke die Lösung dieses Problems insbesondere den Bemühungen der Herren Dr. NAUMANN und WULZ, welchen ich auch an dieser Stelle meinen herzlichen Dank sagen möchte.

β gegen die Horizotalebene einfallenden unteren Schichtfläche durch denselben Punkt A; der Winkel, welchen die Streichlinie A G mit dem Meridian N S bildet, ist der gegebene $\sphericalangle \alpha$. Es stellt nun A B die gemesssene Schnurlänge, A b ihre Projektion auf die Horizontalebene, $\sphericalangle \delta$ die gemessene Neigung der Schnur und $\sphericalangle \gamma$ das gemessene Azimuth derselben dar. Fällt man nun von B ein Lot B F auf die untere Schichtfläche, so liefert diese Länge die gesuchte Mächtigkeit. Verlängere diese Linie B F bis zum Schnitt C mit der Horizontalebene H E und projeciere B C auf die Horizontalebene, so ist $\sphericalangle$ F D C = $\sphericalangle \beta$, da die Projektionsebene senkrecht zu H E und zur Schichtfläche und damit zur Schnittlinie derselben steht.

Es ist nun

$$Bb = a \sin \delta$$

$$BC = Bb \sin (90-\beta) = \frac{a \sin \delta}{\cos \beta}$$

$$Ab = a \cos \delta$$

$$Db = Ab \sin (\gamma-\alpha) = a \cos \delta \sin (\gamma-\alpha)$$

$$Cb = BC . \cos (90-\beta) = \frac{a \sin \delta}{\cos \beta} \sin \beta$$

$$CD = Cb - Db$$

$$= \frac{a \sin \delta}{\cos \beta} \sin \beta - a \cos \delta \sin (\gamma-\alpha)$$

$$CF = CD \cos (90-\beta)$$

$$= \left(\frac{a \sin \delta}{\cos \beta} \sin \beta - a \cos \delta \sin (\gamma-\alpha)\right) \sin \beta$$

$$BF = BC - CF$$

$$= \frac{a \sin \delta}{\cos \beta} - \frac{a \sin \delta}{\cos \beta} \sin^2\beta + a \cos \delta \sin (\gamma-\alpha) \sin \beta$$

$$= a \left(\frac{\sin \delta}{\cos \beta} - \frac{\sin \delta}{\cos \beta} \sin^2\beta + \cos \delta \sin (\gamma-\alpha) \sin \beta\right)$$

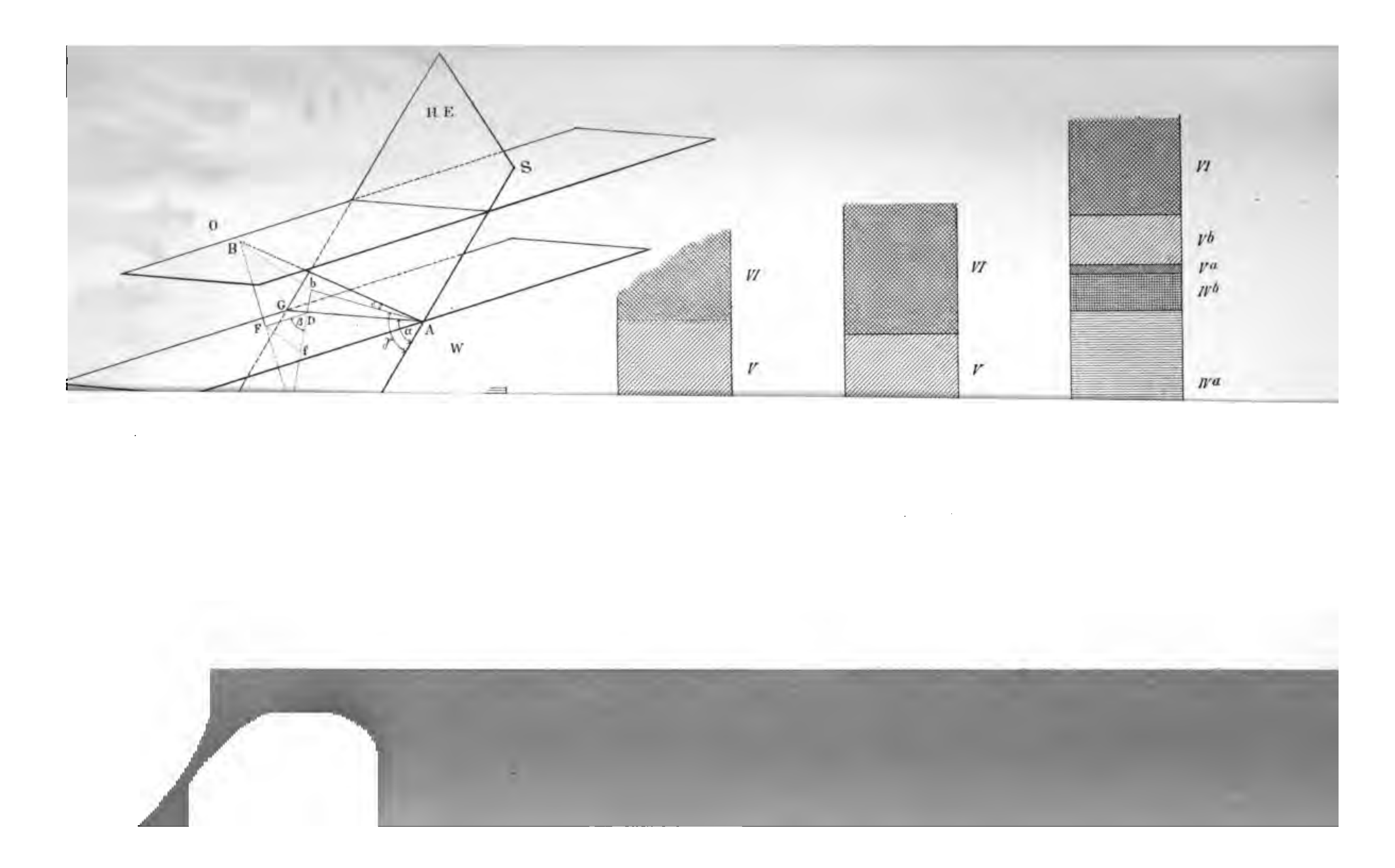
$$= a \left(\frac{\sin \delta}{\cos \beta}(1 - \sin^2\beta) + \cos \delta \sin (\gamma-\alpha) \sin \beta\right)$$

$$= a \left(\frac{\sin \delta}{\cos \beta} \cos^2\beta + \cos \delta \sin (\gamma-\alpha) \sin \beta\right)$$

$$= a (\sin \delta \cos \beta + \cos \delta \sin (\gamma-\alpha) \sin \beta)$$

Ist aber das Azimuth der Schnur kleiner als das Streichen der Schichte, wird also $(\gamma-\alpha)$ eine negative Grösse, so ist, da der Sinus einer negativen Grösse gleich dem negativen Sinus der positiven Grösse ist, die Formel in folgender Weise zu modifizieren:

$$BF = a (\sin \delta \cos \beta - \cos \delta \sin (\alpha-\gamma) \sin \beta),$$



H E
S
O
B
b
G
F
D
f
A
W
VI
V
VI
V
VI
Vb
Va
IVb
IVa

β ge
durc
linie
Es
jekt
der
Fäll
fläch
läng
eben
⊲
und

E

E

A
I

C

C

C

I

der
der
der
mo